



# Estalvi energètic a les llengües

## Ramon Ferrer i Cancho

Ramon Ferrer i Cancho és professor lector del Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics de la UPC. La seva recerca actual se centra principalment en l'estudi de les propietats universals, els principis d'organització i els orígens de la comunicació a la natura en sistemes tan diversos com el llenguatge humà, els sistemes comunicatius d'altres espècies o l'ADN. Ha estat el coordinador principal del 7è Congrés Internacional d'Evolució del Llenguatge a Barcelona el març del 2008. És membre de la International Quantitative Linguistics Association (IQLA) i editor de la revista *Glottology*.

<http://www.lsi.upc.edu/~rferrericancho>

### Introducció

L'estalvi d'energia és un tema d'actualitat. En tenim molts exemples propers. L'encariment progressiu dels combustibles derivats del petroli i les preocupacions mediambientals obliguen els fabricants de cotxes a construir motors que amb la mateixa quantitat de combustible siguin capaços de recórrer distàncies més llargues. Paral·lelament, per a les nostres llars, els fabricants d'electrodomèstics ens ofereixen aparells que consumeixen menys electricitat o aigua amb prestacions semblants. Mentre els governs d'alguns països legislen tímidament per evitar o minimitzar l'impacte mediambiental que provoca el consum fora de control d'energia dels països desenvolupats i alguns enginyers es trenquen les banyes per millorar l'eficiència energètica dels aparells, ens podem fer la pregunta següent: l'estalvi energètic l'hem inventat els humans o és un principi d'organització de la natura gairebé inevitable?

En aquest text veurem com en les llengües que parlem, l'estalvi energètic és omnipresent, no com a resultat del disseny d'una elit d'experts en el llenguatge humà sinó com a resultat de l'adaptació del llenguatge a recursos limitats. A més veurem que entendre com les llengües estalvien energia és entendre no sols com funciona el llenguatge, sinó els sistemes naturals en general.

### Escrupar per estalviar

És obvi per qualsevol persona que parlar suposa una despesa energètica. Popularment diem d'algué que «perd l'energia per la boca». Començarem fent-nos dues preguntes convergents: com podem mesurar l'energia de la comunicació? Què ens costa comunicar-nos? Quan omplim el dipòsit del motor del cotxe, és clar que ens costa diners i, el que és més important, que ens acabarà costant emissions a l'atmosfera de gasos tòxics i promotors de l'efecte hivernacle. Quant costa parlar? Si ens centrem en concret en què ens costa produir una paraula, podem mesurar la despesa energètica de la sèrie de moviments musculars necessaris per pronunciar la paraula (és a dir, la despesa de les neurones que controlen aquests moviments i la despesa dels músculs implicats). És clar que com més llarga és una paraula, més

ens costarà produir-la. Com passa amb el combustible dels automòbils, necessitem fixar-ne el preu. Per mesurar el cost d'una paraula, en lloc d'emprar diners, emprarem la seva llargada en lletres. Podríem filar més prim mesurant la llargada d'un paraula en fonemes. Aquí usarem la llargada en lletres per simplificar-ho. El lector lingüísticament més exigent ha de tenir en compte que el que presentarem no depèn, qualitativament, de la unitat emprada (lletra o fonema), perquè la llargada en lletres d'una paraula està fortament relacionada amb la seva llargada en fonemes. Com passa amb els diners, la llargada en lletres (o en fonemes) potser no és la millor manera de valorar el cost d'un determinat objecte, però ens resulta útil (si més no, el experts en el llenguatge no especulen amb el cost energètic de les paraules, com fan els inversors).

Així doncs, començarem buscant evidències d'estalvi energètic a partir de la llargada de les paraules a partir d'un raonament molt simple, l'anomenada *lleï de brevetat* (Zipf 1935): les paraules més freqüents tendeixen a ser més curtes (és a dir més econòmiques). Podem veure-ho de la forma següent. D'una banda sabem que les paraules no tenen la mateixa freqüència d'ús: algunes són molt freqüents i d'altres menys (Zipf 1949). La causa d'aquestes diferències en la freqüència no ha de ser necessàriament el fet que les paraules tinguin llargades diferents, sinó que tenen un grau de flexibilitat semàntica diferent (Ferrer i Cancho 2005). D'altra banda, posats a esforçar-se entre escurçar paraules poc freqüents o escurçar-ne de molt freqüents, és millor concentrar-se en les més freqüents, atès que serà on l'estalvi es produirà més sovint. Aquest raonament qualitatiu i simplificat sobre la pressió per escurçar les paraules més freqüents, el trobem ben fonamentat en la teoria de la informació de Shannon (1958). De fet, els programes de compressió de fitxers es basen en aquest principi. Per exemple, sense aquests programes les pel·lícules de vídeo, en comptes de cabre en un DVD, n'ocuparien uns quants més.

La figura 1 mostra la relació entre la llargada en lletres de les paraules i la seva freqüència a la novel·la *La mare balena*, de Caterina Albert i Paradís (1869-1966), que signava les seves obres amb el pseudònim de Víctor Català a causa de la discriminació de gènere. En l'esmentada novel·la s'observa una tendència de les paraules a escurçar-se en augmentar la seva freqüència. Per exemple, la paraula més llarga de l'obra és «desconsideradament», que té divuit lletres, mentre que la paraula més freqüent és «la», amb 998 aparicions, però que només té dues lletres.

La llei de brevetat no és exclusiva del català. Sabem que se satisfà en llengües tan diferents com l'anglès (Zipf 1935) o el japonès (Sanada 2008). El cas del japonès és especialment interessant perquè ens demostra la profunditat de la llei. Els sistemes d'escriptura poden classificar-se a grans trets en fonètics (com en català o castellà, on les lletres que componen la paraula reflecteixen de manera més o menys fidel la transcripció fonètica de la paraula) o ideogràfics (on la grafia dels mots prové de representacions pictòriques sense relació directa amb la transcripció fonètica de les paraules en general). El japonès compta amb dos sistemes sil·làbics d'escriptura fonètica, el *katakana* i el *hiragana*, i amb un d'ideogràfic, el *kanji*. Curiosament, els ideogrames *kanji* més freqüents tendeixen a estar fets de menys pinzellades (Sanada 2008: 149 i 162). D'aquest fet es desprèn que la llei de la brevetat no depèn del sistema d'escriptura que s'usi. Aleshores, però, és la llei de brevetat exclusiva del llenguatge humà?

Estudis recents demostren que els patrons de comportament de superfície dels dofins satisfan la llei de brevetat (Ferrer i Cancho i Lusseau 2008). Els patrons de comportament de superfície dels dofins són comportaments estereotipats que poden ser vistos des de fora de l'aigua (des d'un iot). Per exemple, un dofí salta i cau d'esquena (*back-flop*) o un dofí pica enèrgicament la superfície de l'aigua amb la cua (*lobtail*). Aquest patrons es poden descompondre en unitats (en el primer exemple de patró, en dues unitats, saltar i esquena, i en el segon exemple, en tres: estar en estat estacionari, picar i cua). Doncs bé, en el repertori de trenta-un patrons dels dofins dels fiord de Nova Zelanda, s'observa una tendència a disminuir el nombre d'unitats en augmentar la freqüència del patró. Això suggereix que la llei de brevetat és una llei general del comportament de les espècies que és, a més, independent de la modalitat: vocal o gestual. En els exemples en humans esmentats prèviament la modalitat original

és vocal però traduïda a un sistema d'escriptura gestual, mentre que en el cas dels patrons de comportament dels dofins és gestual. Noteu que, independentment que una llengua compti amb un sistema d'escriptura o no, les paraules més freqüents tendeixen a ser més curtes i, a més, la llei de brevetat val tant si la llargada la definim en lletres com en fonemes. Al capdavant, la distinció tradicional entre modalitat gestual o vocal de la lingüística tradicional potser no és tan rellevant com es pensa sovint, atès que al capdavant les vocalitzacions són gestos deliberadament sonors.

El que hem vist fins ara és una forma simplificada de mesurar el cost d'una paraula, atès que els fonemes (o, semblantment, les lletres en les llengües amb un sistema d'escriptura fonètica fidel) s'organitzen en síl·labes. És rellevant per al cost d'una paraula que aquesta es compongui de síl·labes?

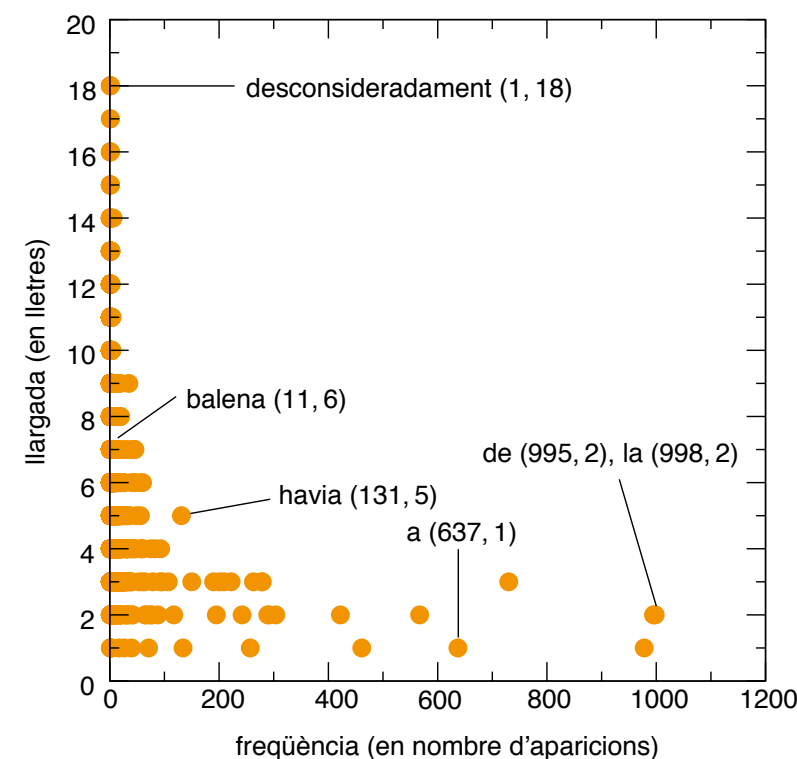


Fig. 1. La llei de brevetat a la novel·la *La mare balena* de Caterina Albert i Paradís. A les ordenades (eix vertical) hi tenim la llargada de les paraules en lletres i a les abscisses (eix horitzontal), la freqüència. Algunes paraules s'han indicat mostrant-ne la llargada i la freqüència. Per exemple, «balena» apareix onze cops a l'obra i té una llargada de sis lletres. Pot passar que un punt marró de la gràfica correspongui a més d'una paraula (és el cas de paraules que tenen la mateixa llargada i la mateixa freqüència). A la gràfica s'observa una tendència de la llargada a disminuir a mesura que augmenta la freqüència.



La resposta ens la dona la *lleï de Menzerath-Altmann*: com més llarga és una paraula, més curtes són les seves síl·labes (Menzerath 1954, Altmann 1980). Per exemple, en català la paraula «alcoholoacido-resistència» té dotze síl·labes (al-co-ho-lo-a-ci-do-re-sis-tèn-ci-a), amb una mitjana de dues lletres per síl·laba, mentre que la paraula «blancs» té una sola síl·laba de sis lletres (de Yzaguirre i Maura 1990). Si hi pensem una mica, fàcilment ens adonem que les paraules més llargues que coneixem tendeixen a estar fetes de síl·labes curtes: un reflex de la llei de Menzerath-Altmann. En realitat, la llei de Menzerath-Altmann s'entén en lingüística quantitativa (Altmann 1980) com una llei general que relaciona la mida (per exemple, la llargada) d'una certa construcció lingüística (per exemple, una paraula) amb la mida (per exemple, la llargada) dels seus components (per exemple, síl·labes). També verifiquem aquest principi en la relació entre el nombre d'oracions de les frases i la llargada de les oracions (en paraules o síl·labes) en frases prou llargues (Heups 1983, Buk i Rovenchak 2008): com més llarga és una frase, més curtes són les seves oracions. Vegeu Cramer (2005) per més exemples de la llei a les llengües.

Per entendre la causa possible de la llei de Menzerath-Altmann, cal adonar-se del fet que la llargada d'una paraula en lletres és en realitat la suma de les llargades de cadascuna de les síl·labes. Entenent la llargada d'una paraula a partir de la contribució de cada síl·laba, podem veure clarament que es pot reduir la llargada d'una paraula i, per tant, el seu cost de dues maneres diferents: reduint-ne el nombre de síl·labes o reduint la llargada mitjana de les síl·labes. Podem reinterpretar, doncs, la llei de Menzerath-Altmann com una llei d'estalvi energètic que relaciona el cost del tot (la paraula) amb el de les seves parts (per exemple, les síl·labes). Si el nombre de síl·labes no es pot alterar fàcilment, aleshores la forma d'estalviar energia més a l'abast és escurçant les síl·labes. D'aquí la llei.

Un cop més, podem demanar-nos si aquesta llei és exclusiva del llenguatge humà. Un candidat a estudiar són els genomes, on s'emmagatzema la informació genètica amb un alfabet propi format per quatre substàncies químiques anomenades bases: timina (T), adenina (A), guanina (G) i citosina (C). La informació genètica continguda en els genomes s'agrupa en cromosomes. Podem entendre les bases com lletres d'un alfabet (A, C, G i T), els cromosomes com síl·labes i els genomes com paraules. S'ha demostrat que la llei de Menzerath-Altmann també se satisfà en la relació entre la mida dels genomes i en el nombre de cromosomes en diferents espècies de formigues (Wilde i Schwibbe 1989). Això suggereix que les llengües estalvien energia de la mateixa manera que ho fa la informació genètica.

### Acostar per estalviar

Tot això on ens porta? Fins ara només hem proporcionat proves d'estalvi energètic en la composició interna de les paraules i en altres unitats compostes a la natura (els patrons de comportament dels dofins i els genomes). Existeix un consens general entre els lingüistes que el fet de tenir paraules (enteses simplement com a unitats amb significat) no constitueix una propietat fonamental del llenguatge humà respecte a sistemes de comunicació més simples, entenent les paraules com simples associacions entre formes i continguts semàntics. Sens dubte, altres espècies també en tenen.

Per molts lingüistes, el que és realment important de la facultat del llenguatge és la sintaxi, la capacitat de combinar paraules per construir frases de llargada teòricament il·limitada (Hauser *et al.* 2002). Aquí no entrarem en detall en quines propietats ha de tenir aquesta capacitat combinatòria per ser considerada veritablement complexa. El que sí que ens plantejarem és la següent pregunta: ¿es regula l'ordenació de les paraules en les frases també seguint criteris d'estalvi energètic, tal com succeeix dins de les paraules? La psicolingüística ens diu que la distància entre un parell de paraules sintàcticament relacionades és una mesura del cost cognitiu del parell (Grodner i Gibson 2005). Per exemple, diem que dues paraules estan a distància *u* si són consecutives i a distància *dos* si estan separades per una paraula (Ferrer i Cancho 2008). Aleshores, la pregunta és: l'ordre de les paraules a les frases està sotmès a una pressió per estalviar energia cognitiva? Dit altrament, l'ordre de les frases reflecteix la necessitat d'acostar al màxim possible els elements sintàcticament relacionats? D'exemples concrets n'hi ha molts (Ferrer

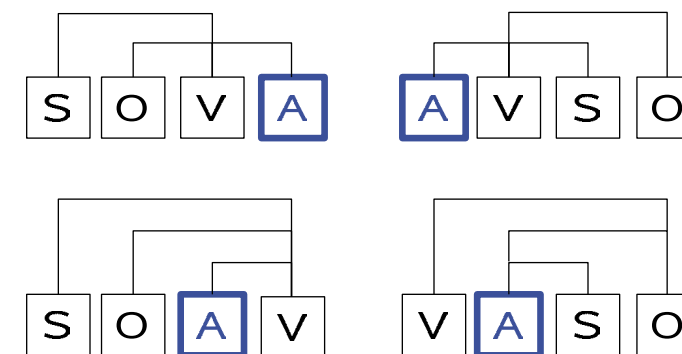


Fig. 2. Possibles col·locacions dels auxiliars verbals (A) en llengües SOV i VSO. Esquerra: possibles col·locacions de l'auxiliar verbal just al costat del verb en l'ordre SOV. Dreta: el mateix per l'ordre VSO. Les ordenacions que estalvien més energia són les dues de dalt, atès que tots els elements estan al màxim de prop del verb al qual es connecten.

i Cancho 2008, Hawkins 1994). Nosaltres veurem el cas particular de la col·locació dels auxiliars verbals (en català, per exemple, el verb «haver» a «he escrit», o per exemple el verb «anar» pel passat perifràstic a «vaig escriure») respecte a l'ordre de la terna subjecte (S), verb (V) i objecte (O) de la frase.

Cal adonar-se que el subjecte, el verb i l'objecte es poden ordenar de sis maneres diferents: SVO, OSV, SOV, VOS, VSO, OVS. Les ordenacions de la terna més freqüents, amb diferència, a les llengües del món són SOV i SVO (Dryer 2005). Per exemple, el català es considera una llengua (on domina l'ordre) SVO, mentre que el japonès es considera una llengua SOV i el hawaïà una llengua VSO (Hawkins *et al.* 2005). Els auxiliars verbals, el subjecte i l'objecte depenen sintàcticament del verb de la frase. L'esquema de les relacions sintàctiques entre subjecte, verb, objecte i auxiliar verbal juntament amb les seves possibles ordenacions es mostren a la figura 2.

El fet és que a les llengües VSO, els auxiliars verbals tendeixen a precedir el verb principal, mentre que en llengües SOV, l'auxiliar verbal tendeix a seguir el verb principal. Aquesta tendència es coneix amb el nom d'*universal de Greenberg número 16* (Greenberg 1963). ¿Podem explicar aquesta tendència a partir de la minimització de la llargada de les dependències sintàctiques i, per tant, del cost un cop fixat l'ordre de la terna subjecte-verb-objecte? A la figura 2 es mostren les dependències sintàctiques entre el verb i la resta d'elements en funció de la col·locació del l'auxiliar verbal i de l'ordre de la terna. Es pot veure intuïtivament que en l'ordre SOV convé col·locar l'auxiliar verbal després del verb principal per tal d'acostar al màxim possible el subjecte i l'objecte al verb del qual depenen, mentre que en l'ordre VSO convé col·locar l'auxiliar abans pel mateix motiu. Des del punt de vista de l'estalvi energètic, no és estrany doncs que les llengües del món tendeixen a obeir l'universal de Greenberg número 16 tendint a acostar al màxim possible els auxiliars verbals al seu verb principal. Seguint aquest tipus de raonament d'estalvi per acostament, també es pot explicar per què les llengües SOV tendeixen a posar els adjectius abans dels noms (Ferrer i Cancho 2008).

## Discussió

Fins ara hem abordat la qüestió de l'estalvi energètic de les llengües des d'una perspectiva transdisciplinar, però què pensa en realitat la lingüística tradicional sobre l'economia del llenguatge? Un exemple val més que mil paraules:

«Aquest principi no existeix. Al contrari, els llenguatges utilitzen el principi de la redundància, i és imprescindible que sigui així. La redundància fa que el missatge d'una locució sigui repetit i reforçat segons el vocabulari, la sintaxi, l'entonació i el context en què es formula» (Bill Phillips, director de la Secció d'Anglès de la Universitat de Barcelona, a *El Periódico*, desembre del 2006).

Aquest és un exemple molt representatiu de la visió que es té del principi d'economia a les llengües entre els lingüistes i els responsables de la seva formació universitària. És obvi que les llengües són redundants. Un exemple clar és la morfologia: per què hem de concordar els subjecte d'una frase amb el temps del verb en català? Per què cal dir «el Joan menja», quan en realitat «el Joan menjar» també s'entén o es pot arribar a entendre (en un context clar)? Ara bé, la despesa de la morfologia no implica que sigui al capdavant antieconòmica. Per exemple, a ningú li agrada que el vacunin punxant-lo amb una agulla (especialment els nens), però aquest petit tràngol compensa les conseqüències de la malaltia que s'intenta evitar. D'altra banda, els emprenedors inverteixen diners (és a dir, perden diners) per poder-ne guanyar en un futur. Què té a veure tot això amb la redundància del llenguatge?

Per entendre a fons la redundància no podem quedar-nos només amb el parlant sotmès a l'esforç addicional que suposa la morfologia. El llenguatge s'usa per comunicar i la comunicació no és cosa d'un de sol, sinó de dos: l'emissor i el receptor. Així, la redundància que implica la morfologia (un esforç addicional per a l'emissor) pot veure's com una reducció de l'esforç del receptor. Reprenent el cas de la concordança entre el subjecte i el verb de la frase «El Joan menja», l'emissor ha de concordar el verb «menjar» amb la persona del subjecte «Joan». Aquest esforç addicional facilita l'esforç del receptor, qui encara que no hagi entès el nom de la persona que menja però sí el verb, sap que qui menja no és ni jo («menjo»), ni tu («menges»), ni nosaltres («mengem»), ni vosaltres («mengeu»), ni ells («mengem»). La morfologia redueix el nombre de possibles interpretacions de la persona de sis possibilitats a només una. Aquest argument formulat de forma qualitativa i simplificada és la base d'un teorema de Shannon sobre la transmissió d'informació sotmesa a malinterpretacions: afegint redundància es pot fer que la probabilitat de malinterpretació esdevingui gairebé insignificant (Shannon 1958). Algú podria pensar que, posats a repartir esforços entre emissor i receptor, per què no prescindir més de la morfologia i donar més responsabilitat al receptor. Però fixem-nos que l'emissor és per qui l'esforç al capdavant serà menor, perquè l'emissor sap realment el que vol transmetre, mentre que el receptor necessita saber què vol transmetre l'emissor. És més fàcil que l'emissor faci un petit esforç enriquint amb l'ajut de la morfologia el que produeix per al receptor, que no pas passar-li la pilota del tot al receptor. Per tant, l'estalvi és asimètric: per resoldre un mateix problema, l'emissor necessita invertir-hi menys. Podem entendre, doncs, la morfologia com una vacuna que evita o redueix la malaltia de la incomprensió en el receptor.

Per tant, no es pot dir que la redundància morfològica sigui antieconòmica, almenys per al binomi emissor-receptor. Aleshores, per què molts lingüistes, per exemple en la tradició chomskyana, consideren la redundància una evidència que el principi d'economia no existeix? Doncs perquè per ells el llenguatge no és un afer interactiu entre un emissor o un receptor, sinó un fenomen autònom propi d'un individu isolat. A més, aquesta tradició sembla que no és conscient de l'asimetria entre els costos per a l'emissor i el receptor de fer-se entendre. Negar l'existència del principi d'economia a partir de la redundància implica que el model de facultat de llenguatge del qual es parteix no és interactiu. L'excés de reduccionisme porta a conclusions errònies.

És el moment de recapitular. En primer lloc, hem vist diferents indicis d'estalvi energètic a les llengües, primer a l'interior de les paraules, des de la llei de brevetat fins a la llei de Menzerath-Altmann. També hem vist indicis d'estalvi energètic en l'ordenació de les paraules a les frases. Els exemples d'economia del llenguatge no acaben aquí. Només n'hem presentat uns quants. L'estalvi energètic a les llengües és omnipresent i es manifesta independentment del sistema d'escriptura emprat.

En segon lloc, hem vist que l'estalvi energètic no és exclusiu del llenguatge humà. Les evidències de lleis com la de la brevetat o la de Menzerath-Altmann fora del llenguatge humà suggereixen que l'estalvi energètic a la natura es regeix per principis generals, des del codi genètic dels organismes fins al llenguatge humà, passant pel comportament d'altres espècies com els dofins. Entendre els principis d'organització del llenguatge és entendre els principis d'organització de la natura. El llenguatge i les llengües no són una anomalia biològica, com alguns han defensat.

En tercer lloc, hem vist que la redundància no és necessàriament antieconòmica, contràriament al que molts defensen. També hem vist que els costos de la comunicació són asimètrics per a emissor i receptor. L'estratègia intel·ligent, des del punt de vista de la comprensió mútua entre emissor i receptor és que l'emissor es posi en la pell del receptor. Una lliçó de la natura per als parlants, que la gaudeixen inconscientment.

Finalment podem preguntar-nos, qui és el responsable del disseny energèticament eficient de les llengües? Les llengües no disposen d'una elit d'enginyers per proposar solucions més econòmiques a les seves comunitats de parlants. Com acabem de dir, els parlants no són en general conscients de totes les propietats que incorporen les llengües per estalviar energia. Les llengües s'autoorganitzen (elles soles) en resposta a la necessitat de comunicar-se amb els recursos limitats del cervell (Köhler 1987). La recerca capdavantera sobre els orígens i l'evolució del llenguatge de l'escola d'Edimburg ens mostra que la transmissió cultural de les llengües porta a l'aparició de disseny sense dissenyador (Kirby *et al.* 2008). El disseny de les llengües per estalviar energia n'és un exemple.

## AGRAÏMENTS

Part de la informació d'aquest article és el resultat directe o indirecte de col·laboracions de l'autor amb David Lusseau, Núria Forn i Lluís de Yzaguirre i Maura. L'autor també vol agrair els comentaris detallats de Sílvia Caldeira, l'orientació de Haruko Sanada pel que fa als seus estudis quantitatius del japonès, la traducció de l'alemany de Carlos Heidipriem i, finalment, a Vicenç Altaió les discussions que han ajudat a fer l'exposició més entenedora. Aquest article i bona part de la recerca citada pel mateix autor han estat escrits amb el recolzament del projecte FIS2006-13321-C02-01 del Ministerio de Educación y Ciencia.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

ALTMANN, G. (1980). «Prolegomena to Menzerath's law». A: GROTTJAN, R. (ed.). *Glottometrika 2*. Bochum: Studienverlag Dr. N. Brockmeyer, p. 1-10.

BUK, S. i ROVENCHAK, A. (2008). «Menzerath-Altmann law for syntactic structures in Ukrainian». *Glottology*, vol. 1, núm. 1, p. 10-17.

CRAMER, I. (2005). «The parameters of the Altmann-Menzerath law». *Journal of Quantitative Linguistics*, vol. 12, núm. 1, p. 41-52.

DE YZAGUIRRE I MAURA, Lluís (1990). *L'estructura sil·làbica del català central*. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona.

DRYER, M. (2005). «Order of subject, object and verb». A: HASPELMATH, M.; DRYER, M. S.; GIL, D. i COMRIE, B. (eds.). *The World Atlas of Language Structures*. Oxford: Oxford University Press, capítol 81.

FERRER I CANCHO, R. (2005). «Zipf's law from a communicative phase transition». *European Physical Journal B*, vol. 47, p. 449-457.

FERRER I CANCHO, R. (2008). «Some word order biases from limited brain resources. A mathematical approach». *Advances in Complex Systems*, vol. 11, núm. 3, p. 394-414.

FERRER I CANCHO, R. i LUSSEAU, D. (2008). «Efficient coding in dolphin surface behavioral patterns». *Complexity*, vol. 14, núm. 5, p. 23-25.

GREENBERG, J. H. (1963). «Some universals of grammar with particular reference to the order of meaningful elements». A: GREENBERG, J. H. (ed.). *Universals of Language*. Londres: MIT Press, p. 73-113.

GRODNER, D. i GIBSON, E. (2005). «Consequences of the serial nature of linguistic input». *Cognitive Science*, vol. 29, p. 261-291.

KÖHLER, R. (1987). «System *theoretical linguistics*». *Theoretical linguistics*, vol. 14, núm. 2/3, p. 241-257.

HASPELMATH, M.; DRYER, M. S.; GIL, D. i COMRIE, B. (2005). *The World Atlas of Language Structures*. Oxford: Oxford University Press.

HAWKINS, R. (1994). *A performance theory of order and constituency*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

HAUSER, M. D.; CHOMSKY, N. i FITCH, W. T. (2002). «The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve?». *Science*, vol. 298, p. 1.569-1.579.

HEUPS, G. (1983). «Untersuchungen zum Verhältnis von Satzlänge zu Clauselänge am Beispiel deutscher Texte verschiedener Textklassen». A: KÖHLER, R. i BOY, J. (eds.). *Glottometrika 5*. Bochum: Brockmeyer, p. 113-133.

KÖHLER, R. (1986). *Zur Linguistischen Synergetik: Struktur und Dynamik der Lexik*. Bochum: Brockmeyer.

KIRBY, S.; CORNISH, H. i SMITH, K. (2008). «Cumulative cultural evolution in the laboratory: An experimental approach to the origins of structure in human language». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 105, núm. 31, p. 10.681-10.686.

MENZERATH, P. (1954). *Die Architektonik des deutschen Wortschatzes*. Bonn: Dümmler.

SANADA, H. (2008). «Investigations in Japanese historical lexicology» (edició revisada). *Göttinger Linguistische Abhandlungen*, 6. Göttingen: Peust i Gutschmidt Verlag.

SHANNON, C. E. (1958). «A mathematical theory of communication». *Bell System Technical Journal*, vol. 27, p. 379-423 i 623-656.

WILDE, J. i SCHWIBBE, H. (1989). «Organizationsformen von Erbinformation Im Hinblick auf die Menzerathsche Regel». A: ALTMANN, G. i SCHWIBBE, M. H. (eds.). *Das Menzerathsche Gesetz in informationsverarbeitenden Systemen*. Hildesheim: Olms, p. 92-107.

ZIPF, G. K. (1935). *The psycho-biology of language: an introduction to dynamic philology*. Cambridge (MA): MIT Press.

ZIPF, G. K. (1949). *Human behavior and the principle of least effort*. Cambridge (MA): Addison-Wesley.

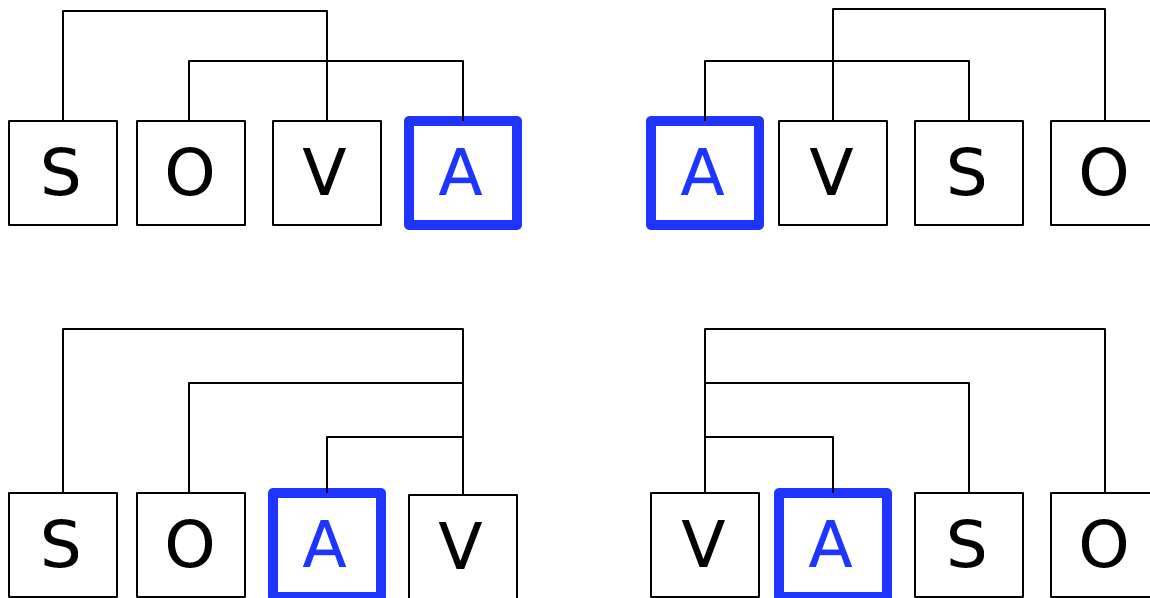


Figura 2 corregida  
(error en el diagrama inferior - dret)